

JP00/02611

PCT/JPC0/02611

25.05.00

EJ

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 27 JUL 2000

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 4月22日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第115145号

出 願 人

Applicant (s):

日本電信電話株式会社

09/787927

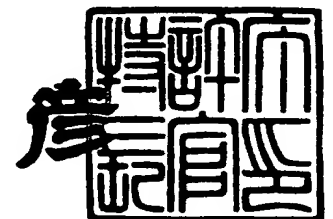
PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 6月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3049019

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH107658

【提出日】 平成11年 4月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04J 11/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 熊谷 智明

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 溝口 匡人

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 守倉 正博

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100072718

【弁理士】

【氏名又は名称】 古谷 史旺

【電話番号】 3343-2901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013354

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701422

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 OFDM復調装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 OFDM信号を受信して所定の受信処理を行う受信手段と、前記受信手段が出力する受信信号に対してタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理を行う同期処理手段と、前記同期処理手段によってタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理された受信信号をフーリエ変換を用いて各サブキャリア毎の信号に分離するフーリエ変換手段とを備えるOFDM復調装置において、

前記フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号を用いてチャネル特性の推定を行うチャネル推定手段と、

前記チャネル推定手段によって得られたチャネル特性の推定結果を用いて前記フーリエ変換手段によって分離されたサブキャリア信号に対し等化処理および同期検波処理を行い検波信号を出力する同期検波手段と、

前記同期検波手段によって出力される検波信号のうち全てあるいは一部の検波信号を用いてクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出しクロック周波数誤差による各サブキャリア信号の位相回転情報を生成するクロック周波数誤差推定手段と、

前記クロック周波数誤差推定手段から出力されるクロック周波数誤差に応じた情報に基づいて、前記同期検波手段から出力される検波信号に対してクロック周波数誤差による位相回転を補正する位相回転補正手段と

を設けたことを特徴とするOFDM復調装置。

【請求項 2】 請求項 1 の OFDM復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記チャネル推定手段によって推定されたチャネル特性から得られる各サブキャリア信号の品質情報に基づいて前記同期検波手段から出力される検波信号の全てあるいは一部分の信号を重み付けするとともに、時間方向に対して検波信号の平滑化を行い、重み付け及び平滑化された検波信号に基づいてクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出することを特徴とするOFDM復調装置。

【請求項3】 請求項1のOFDM復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記同期検波手段から出力される検波信号に含まれるパイロット信号に相当する信号成分のクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出することを特徴とするOFDM復調装置。

【請求項4】 請求項1のOFDM復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記チャネル推定手段によって推定されたチャネル特性から得られる各サブキャリア信号の品質情報に基づいて前記同期検波手段から出力される検波信号に含まれるパイロット信号に相当する信号成分を重み付けするとともに、時間方向に対して検波信号の平滑化を行い、重み付け及び平滑化されたパイロット信号に基づいてクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出することを特徴とするOFDM復調装置。

【請求項5】 OFDM信号を受信して所定の受信処理を行う受信手段と、前記受信手段が出力する受信信号に対してタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理を行う同期処理手段と、前記同期処理手段によってタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理された受信信号をフーリエ変換を用いて各サブキャリア毎の信号に分離するフーリエ変換手段とを備えるOFDM復調装置において、

前記フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号を用いてチャネル特性の推定を行うチャネル推定手段と、

前記チャネル推定手段によって得られたチャネル特性の推定結果に基づき、前記フーリエ変換手段によって分離されたサブキャリア信号に対して等化処理および同期検波処理を行い検波信号を出力する同期検波手段と、

前記同期検波手段が出力する検波信号に対してクロック周波数誤差により生じる位相回転を補正する位相回転補正手段と、

前記位相回転補正手段から出力される位相回転補正後の検波信号のうち全てあるいは一部分の信号に基づいてクロック周波数誤差による位相回転量を検出し、クロック周波数誤差による各サブキャリア信号の位相回転情報を生成してこの位相回転情報を前記位相回転補正手段に与えるクロック周波数誤差推定手段と

を設けたことを特徴とするOFDM復調装置。

【請求項6】 請求項5のOFDM復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記チャネル推定手段によって推定されたチャネル特性から得られる各サブキャリア信号の品質情報に基づいて前記同期検波手段から出力される検波信号の全てあるいは一部分の信号を重み付けするとともに、時間方向に対して検波信号の平滑化を行い、重み付け及び平滑化された検波信号に基づいてクロック周波数誤差による位相回転量を検出することを特徴とするOFDM復調装置。

【請求項7】 請求項5のOFDM復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記位相回転補正手段から出力される位相回転補正後の検波信号に含まれるパイロット信号に相当する信号成分に基づいて、クロック周波数誤差による位相回転量を検出することを特徴とするOFDM復調装置。

【請求項8】 請求項5のOFDM復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記チャネル推定手段によって推定されたチャネル特性から得られる各サブキャリア信号の品質情報に基づいて、前記位相回転補正手段から出力される位相回転補正後の検波信号に含まれるパイロット信号に相当する信号成分を重み付けするとともに、時間方向に対して検波信号の平滑化を行い、重み付け及び平滑化されたパイロット信号の検波信号に基づいて、クロック周波数誤差による位相回転量を検出することを特徴とするOFDM復調装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、直交周波数分割多重（Orthogonal Frequency Division Multiplexing：OFDM）方式のデジタル無線通信システムに用いられるOFDM復調装置に関し、特にクロック周波数誤差に起因する劣化を高精度に補償するOFDM復調装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

OFDM方式のデジタル無線通信システムのようなマルチキャリアシステムでは、互いに周波数の異なる複数のサブキャリアを同時に使用して情報を伝送す

る。従って、受信側では一般に高速フーリエ変換（FFT）を用いて受信したOFDM信号から各サブキャリアの信号成分を分離する。

【0003】

また、OFDM方式では送信する各シンボルの間にガードインターバルを設ける。このガードインターバルでは、送信する各シンボルのデータ部分を循環的に拡張した信号を送信することができる。

データ部分を循環的に拡張した信号をガードインターバルで送信することにより、受信したOFDM信号のタイミングと受信側のシンボルタイミング（FFTウィンドウタイミング）とが多少ずれている場合であっても、ずれの大きさがガードインターバル内に収まる程度であれば、隣接シンボルからの干渉を受けずに受信信号を復調することができる。

【0004】

また、ガードインターバルを設けることにより、反射波などの遅延波の影響を受けるマルチパス環境においても、遅延波による符号間干渉を回避することができる。

従来例のOFDM復調装置について、図11を参照して説明する。なお、この例では図10に示すバーストフォーマットのOFDM信号を送受信する場合を想定している。

【0005】

図11において、アンテナ51で受信されたOFDM信号は、受信回路52に入力される。受信回路52は入力されたOFDM信号に対し、周波数変換、フィルタリング、直交検波等の受信処理を行い受信信号を複素ベースバンド信号として出力する。受信回路52から出力される複素ベースバンド信号は、同期処理回路53に入力される。

【0006】

同期処理回路53は、入力される複素ベースバンド信号に含まれる同期用プリアンブル信号を用いて、搬送波周波数誤差およびシンボルタイミングを検出する。また、検出した搬送波周波数誤差の情報を用いて受信処理後の複素ベースバンド信号に対して搬送波周波数誤差補正処理を行い、補正された複素ベースバンド

信号を出力する。また、検出されたシンボルタイミングの情報も同期処理回路 5 3 から出力される。

【0 0 0 7】

シンボルタイミングの検出は、複素ベースバンド信号からガードインターバルを除去しフーリエ変換回路に入力すべき信号だけを抽出するために必要になる。同期処理回路 5 3 から出力される搬送波周波数誤差補正処理後の複素ベースバンド信号およびシンボルタイミング情報の信号がガードインターバル除去回路 5 4 に入力される。

【0 0 0 8】

ガードインターバル除去回路 5 4 は、入力されるシンボルタイミング情報に従い、入力される搬送波周波数誤差補正処理後の複素ベースバンド信号に対して、1 OFDM シンボル毎に 1 OFDM シンボル長からガードインターバルに相当する信号を抜いた時間幅の FFT ウィンドウ処理を施す。

すなわち、ガードインターバルに相当する信号を除去し、フーリエ変換回路 5 5 に入力すべき有効な信号成分だけを抽出し出力する。ガードインターバルが除去された複素ベースバンド信号がガードインターバル除去回路 5 4 から出力され、フーリエ変換回路 5 5 に入力される。

【0 0 0 9】

フーリエ変換回路 5 5 は、入力される複素ベースバンド信号を 1 OFDM シンボル毎に高速フーリエ変換処理する。高速フーリエ変換処理の結果、サブキャリア毎に分離された信号がフーリエ変換回路 5 5 から出力される。フーリエ変換回路 5 5 が出力するサブキャリア毎の各信号は、同期検波回路 5 7 およびチャネル推定回路 5 6 にそれぞれ入力される。

【0 0 1 0】

チャネル推定回路 5 6 は、入力される各サブキャリアの信号のうち、チャネル推定用プリアンプル信号に相当する信号を用いて、受信した OFDM 信号が通ってきた伝送路（チャネル）の状態を推定し、推定されたチャネル推定結果を出力する。

このチャネル推定結果からは、例えば、各々のサブキャリアの振幅や位相がフ



フェージングによってどのような影響を受けているかを知ることができる。チャネル推定回路 56 から出力されるチャネル推定結果は同期検波回路 57 に入力される。

#### 【0011】

同期検波回路 57 は、チャネル推定回路 56 から入力されるチャネル推定結果を用いて、各サブキャリアの信号成分毎にフェージング等のチャネル特性に起因する振幅変動および位相回転を補正するとともに同期検波を行う。同期検波によって検波された信号が同期検波回路 57 から出力される。

識別回路 60 は、同期検波回路 57 が出力する検波信号を入力し、検波信号に含まれるデータ信号に対してシンボル判定を行い、判定結果を出力する。

#### 【0012】

##### 【発明が解決しようとする課題】

前述のように、OFDMバースト信号を同期検波する場合には、OFDMバースト信号の先頭に設けられる同期用プリアンブル信号を用いて、搬送波周波数誤差およびシンボルタイミングを検出する。また、検出された搬送波周波数誤差およびシンボルタイミングに基づいて、搬送波の周波数誤差を補正するとともに、1 OFDMシンボル毎にFFTウィンドウ処理によりガードインターバルを除去する。更に、チャネル推定用プリアンブル信号を用いてチャネル情報を検出し、その検出結果に基づいてデータ部分の信号の振幅および位相の変化を検出し、各サブキャリア毎に同期検波を行う。

#### 【0013】

ところで、送信側装置の搬送波周波数と受信側装置の搬送波周波数との間にずれがある場合には、従来の装置でも受信側装置の同期処理回路において搬送波周波数を補正することができる。しかしながら、信号のサンプリングなどに用いられるクロック信号の周波数については、送信側装置の周波数と受信側装置の周波数との間のずれを補正することができない。

#### 【0014】

送信側装置のクロック周波数と受信側装置のクロック周波数との間にずれがある場合、受信側装置がバーストの先頭で検出したシンボルタイミングを利用して

F F T ウィンドウ処理を施す場合に、バースト中の O F D M シンボルの時間的位置に応じて各 O F D M シンボル毎に F F T ウィンドウタイミングにずれが生じることになる。

#### 【 0 0 1 5 】

従って、チャネル推定の対象になるバースト先頭部分での F F T ウィンドウのタイミングと、それ以外のバースト部分の F F T ウィンドウのタイミングとの間にずれが生じることになる。ずれの大きさは、バーストの後ろに行くほど大きくなる。

このような F F T ウィンドウタイミングのずれは、フーリエ変換の基本的性質上、周波数の違いに応じて異なる位相回転となって現れる。つまり、クロック周波数のずれによって各サブキャリア毎に異なる位相回転が加わる。

#### 【 0 0 1 6 】

また、時間の経過に比例して F F T ウィンドウのタイミングのずれも大きくなるため、時間の経過とともにそれら位相回転の累積量が増加する。

送信側装置のクロック周波数と受信側装置のクロック周波数との間にずれがある場合、それによって生じる受信 O F D M 信号の各サブキャリアの位相回転量  $\Delta \theta$  は次式で表される。

#### 【 0 0 1 7 】

$$\Delta \theta \doteq 2 \pi \cdot f \cdot t \cdot \Delta f_{\text{clk}} / f_{\text{clk}} \quad \cdots (1)$$

$f$  : 中心周波数からの当該サブキャリアの周波数オフセット量

$t$  : チャネル推定時からの当該 O F D M シンボルの時間経過量

$\Delta f_{\text{clk}}$  : 送受間のサンプリングクロック周波数ずれの量

$f_{\text{clk}}$  : サンプリングクロック周波数 (規格値)

すなわち、クロック周波数誤差による位相回転量は、チャネル推定時からの時間経過量および中心周波数からの周波数オフセット量に比例して増大する。従って、送信側装置のクロック周波数と受信側装置のクロック周波数との間にずれがある場合、なにも補正をせずに同期検波を行うと前述の位相回転によって受信側で各サブキャリア信号の正しい位相が検出できなくなるため、極めて大きな劣化を生じる。

## 【0018】

このようなクロック周波数のずれについては、搬送波周波数のずれのように同期処理回路における簡単なデジタル処理で補正することはできない。従って、従来のOFDM復調装置でクロック周波数のずれを補正する場合、受信側の各回路で共通に使用される基準クロック周波数をアナログ処理によって直接制御しなければならない、非常に構成の複雑な補正回路を設ける必要があった。

## 【0019】

本発明は、上述のようなOFDM復調装置において、送信側装置のクロック周波数と受信側装置のクロック周波数との間にずれが存在する場合に受信側で復調される信号の劣化を抑制するとともに回路構成の複雑化を回避することを目的とする。

## 【0020】

## 【課題を解決するための手段】

請求項1は、OFDM信号を受信して所定の受信処理を行う受信手段と、前記受信手段が出力する受信信号に対してタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理を行う同期処理手段と、前記同期処理手段によってタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理された受信信号をフーリエ変換を用いて各サブキャリア毎の信号に分離するフーリエ変換手段とを備えるOFDM復調装置において、前記フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号を用いてチャネル特性の推定を行うチャネル推定手段と、前記チャネル推定手段によって得られたチャネル特性の推定結果を用いて前記フーリエ変換手段によって分離されたサブキャリア信号に対し等化処理および同期検波処理を行い検波信号を出力する同期検波手段と、前記同期検波手段によって出力される検波信号のうち全てあるいは一部の検波信号を用いてクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出しクロック周波数誤差による各サブキャリア信号の位相回転情報を生成するクロック周波数誤差推定手段と、前記クロック周波数誤差推定手段から出力されるクロック周波数誤差に応じた情報に基づいて、前記同期検波手段から出力される検波信号に対してクロック周波数誤差による位相回転を補正する位相回転補正手段とを設けたことを特徴とする。

## 【0021】

チャンネル推定手段は、フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号を用いてチャンネル特性の推定を行う。同期検波手段は、チャンネル推定手段によって得られたチャンネル特性の推定結果を用いて、フーリエ変換手段によって分離されたサブキャリア信号に対し等化処理および同期検波処理を行い検波信号を出力する。

## 【0022】

また、クロック周波数誤差推定手段は同期検波手段によって出力される検波信号のうち全てあるいは一部の検波信号を用いてクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出し、クロック周波数誤差による各サブキャリア信号の位相回転情報を生成する。位相回転補正手段は、クロック周波数誤差推定手段から出力されるクロック周波数誤差に応じた情報に基づいて、同期検波手段から出力される検波信号に対してクロック周波数誤差による位相回転を補正する。

## 【0023】

すなわち、クロック周波数誤差が存在する場合、同期検波手段から出力される各々のサブキャリアの検波信号は、位相回転によって、位相平面上の基準信号点からずれた位置に現れる。各検波信号と基準信号点とのずれを調べることによって位相回転量を検出できる。

この位相回転量は前記第(1)式に示されるようにクロック周波数ずれの量に比例するので、位相回転量からクロック周波数誤差を推定できる。また、推定したクロック周波数誤差から各々のサブキャリアに対する位相回転量をそれぞれ求めることができる。各検波信号がいずれの基準信号点に対応するかを識別する前に、サブキャリア毎に前記位相回転量を補正することにより、クロック周波数ずれの影響を受けることなく信号を識別することができる。すなわち、高精度なクロック周波数同期を実現できる。

## 【0024】

請求項2は、請求項1のOFDM復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記チャンネル推定手段によって推定されたチャンネル特性から得られ

る各サブキャリア信号の品質情報に基づいて前記同期検波手段から出力される検波信号の全てあるいは一部分の信号を重み付けするとともに、時間方向に対して検波信号の平滑化を行い、重み付け及び平滑化された検波信号に基づいてクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出することを特徴とする。

【0025】

例えば、サブキャリア毎に通信品質が異なる場合には、通信品質が良好なサブキャリアの検波信号の重みを大きくした信号を処理することによって、フェージング等の影響を抑制しクロック周波数誤差の検出精度を改善できる。また、時間方向に対して平滑化した検波信号を処理することによって、熱雑音等の影響を抑制できる。

【0026】

請求項3は、請求項1のOFDM復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記同期検波手段から出力される検波信号に含まれるパイロット信号に相当する信号成分のクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出することを特徴とする。

OFDM信号の一部のサブキャリアを利用して既知信号であるパイロット信号を伝送することができる。受信したOFDM信号にパイロット信号が含まれている場合には、パイロット信号に相当する信号成分からクロック周波数誤差を検出することにより、一部の検波信号だけを用いて効率的にクロック周波数誤差を検出できるので、クロック周波数誤差推定手段の回路構成を単純化できる。

【0027】

請求項4は、請求項1のOFDM復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記チャネル推定手段によって推定されたチャネル特性から得られる各サブキャリア信号の品質情報に基づいて前記同期検波手段から出力される検波信号に含まれるパイロット信号に相当する信号成分を重み付けするとともに、時間方向に対して検波信号の平滑化を行い、重み付け及び平滑化されたパイロット信号に基づいてクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出することを特徴とする。

## 【0028】

通信品質が良好なサブキャリアの検波信号の重みを大きくした信号を処理することによって、フェージング等の影響を抑制しクロック周波数誤差の検出精度を改善できる。また、時間方向に対して平滑化した検波信号を処理することによって、熱雑音等の影響を抑制できる。

更に、受信したOFDM信号にパイロット信号が含まれている場合には、パイロット信号に相当する信号成分からクロック周波数誤差を検出することにより、一部の検波信号だけを用いて効率的にクロック周波数誤差を検出できるので、クロック周波数誤差推定手段の回路構成を単純化できる。

## 【0029】

請求項5は、OFDM信号を受信して所定の受信処理を行う受信手段と、前記受信手段が出力する受信信号に対してタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理を行う同期処理手段と、前記同期処理手段によってタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理された受信信号をフーリエ変換を用いて各サブキャリア毎の信号に分離するフーリエ変換手段とを備えるOFDM復調装置において、前記フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号を用いてチャネル特性の推定を行うチャネル推定手段と、前記チャネル推定手段によって得られたチャネル特性の推定結果に基づき、前記フーリエ変換手段によって分離されたサブキャリア信号に対して等化処理および同期検波処理を行い検波信号を出力する同期検波手段と、前記同期検波手段が出力する検波信号に対してクロック周波数誤差により生じる位相回転を補正する位相回転補正手段と、前記位相回転補正手段から出力される位相回転補正後の検波信号のうち全てあるいは一部分の信号に基づいてクロック周波数誤差による位相回転量を検出し、クロック周波数誤差による各サブキャリア信号の位相回転情報を生成してこの位相回転情報を前記位相回転補正手段に与えるクロック周波数誤差推定手段とを設けたことを特徴とする。

## 【0030】

チャネル推定手段は、フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号を用いてチャネル特性の推定を行う。同期検波手段は、チャネル推定手段によ

って得られたチャネル特性の推定結果に基づき、フーリエ変換手段によって分離されたサブキャリア信号に対して等化処理および同期検波処理を行い検波信号を出力する。

【 0 0 3 1 】

また、位相回転補正手段は同期検波手段が出力する検波信号に対してクロック周波数誤差により生じる位相回転を補正する。クロック周波数誤差推定手段は、位相回転補正手段から出力される位相回転補正後の検波信号のうち全てあるいは一部分の信号に基づいてクロック周波数誤差による位相回転量を検出し、クロック周波数誤差による各サブキャリア信号の位相回転情報を生成してこの位相回転情報を前記位相回転補正手段に与える。

【 0 0 3 2 】

従って、請求項 1 と同様に各検波信号がいずれの基準信号点に対応するかを識別する前にサブキャリア毎に前記位相回転量を補正することにより、クロック周波数ずれの影響を受けることなく信号を識別することができる。

請求項 6 は、請求項 5 の OFDM 復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記チャネル推定手段によって推定されたチャネル特性から得られる各サブキャリア信号の品質情報に基づいて前記同期検波手段から出力される検波信号の全てあるいは一部分の信号を重み付けするとともに、時間方向に対して検波信号の平滑化を行い、重み付け及び平滑化された検波信号に基づいてクロック周波数誤差による位相回転量を検出することを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

例えば、サブキャリア毎に通信品質が異なる場合には、通信品質が良好なサブキャリアの検波信号の重みを大きくした信号を処理することによって、フェージング等の影響を抑制しクロック周波数誤差の検出精度を改善できる。また、時間方向に対して平滑化した検波信号を処理することによって、熱雑音等の影響を抑制できる。

【 0 0 3 4 】

請求項 7 は、請求項 5 の OFDM 復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記位相回転補正手段から出力される位相回転補正後の検波信号に

含まれるパイロット信号に相当する信号成分に基づいて、クロック周波数誤差による位相回転量を検出することを特徴とする。

#### 【0035】

受信したOFDM信号にパイロット信号が含まれている場合には、パイロット信号に相当する信号成分からクロック周波数誤差を検出することにより、一部の検波信号だけを用いて効率的にクロック周波数誤差を検出できるので、クロック周波数誤差推定手段の回路構成を単純化できる。

請求項8は、請求項5のOFDM復調装置において、前記クロック周波数誤差推定手段が、前記チャネル推定手段によって推定されたチャネル特性から得られる各サブキャリア信号の品質情報に基づいて、前記位相回転補正手段から出力される位相回転補正後の検波信号に含まれるパイロット信号に相当する信号成分を重み付けするとともに、時間方向に対して検波信号の平滑化を行い、重み付け及び平滑化されたパイロット信号の検波信号に基づいて、クロック周波数誤差による位相回転量を検出することを特徴とする。

#### 【0036】

通信品質が良好なサブキャリアの検波信号の重みを大きくした信号を処理することによって、フェージング等の影響を抑制しクロック周波数誤差の検出精度を改善できる。また、時間方向に対して平滑化した検波信号を処理することによって、熱雑音等の影響を抑制できる。

更に、受信したOFDM信号にパイロット信号が含まれている場合には、パイロット信号に相当する信号成分からクロック周波数誤差を検出することにより、一部の検波信号だけを用いて効率的にクロック周波数誤差を検出できるので、クロック周波数誤差推定手段の回路構成を単純化できる。

#### 【0037】

##### 【発明の実施の形態】

##### （第1の実施の形態）

この形態のOFDM復調装置について、図1を参照して説明する。この形態は請求項1に対応する。

この形態では、請求項1の受信手段、同期処理手段、フーリエ変換手段、チャ



ネル推定手段，同期検波手段，クロック周波数誤差推定手段及び位相回転補正手段は、それぞれ受信回路 1 0 2，同期処理回路 1 0 3，フーリエ変換回路 1 0 5，チャネル推定回路 1 0 6，同期検波回路 1 0 7，クロック周波数誤差推定部 1 0 0 及び位相回転補正回路 1 0 9 に対応する。

#### 【 0 0 3 8 】

アンテナ 1 0 1 で受信された OFDM 信号は受信回路 1 0 2 に入力される。受信回路 1 0 2 は、入力される OFDM 信号に対して周波数変換，フィルタリング，直交検波等の受信処理を施す。この受信処理の結果、複素ベースバンド信号として受信信号が受信回路 1 0 2 から出力される。

受信回路 1 0 2 から出力される複素ベースバンド信号は、同期処理回路 1 0 3 に入力される。同期処理回路 1 0 3 は、入力される複素ベースバンド信号に含まれる同期用プリアンブル信号（図 1 0 参照）を用いて搬送波周波数誤差及びシンボルタイミングを検出する。そして、受信回路 1 0 2 から入力される複素ベースバンド信号に対して、検出した搬送波周波数誤差の情報を用いて搬送波周波数誤差を補正するための処理を施す。

#### 【 0 0 3 9 】

同期処理回路 1 0 3 は、搬送波周波数誤差の補正された複素ベースバンド信号と、検出したシンボルタイミングの情報とを出力する。これらの信号はガードインターバル除去回路 1 0 4 に入力される。なお、シンボルタイミングの検出は、受信した OFDM 信号のシンボル間に存在するガードインターバルを除去して各シンボルから有効なデータ成分を抽出するために必要になる。

#### 【 0 0 4 0 】

ガードインターバル除去回路 1 0 4 は、同期処理回路 1 0 3 から入力されるシンボルタイミングの情報に従って、入力される複素ベースバンド信号に FFT ウィンドウ処理を施す。すなわち、複素ベースバンド信号の 1 OFDM シンボル毎に、FFT ウィンドウの時間幅の信号成分だけを抽出し、ガードインターバルを除去する。FFT ウィンドウの時間幅は、1 OFDM シンボル長からガードインターバルに相当する信号長を引いた時間幅である。

#### 【 0 0 4 1 】

ガードインターバル除去回路 104 によってガードインターバルを除去された複素ベースバンド信号がフーリエ変換回路 105 に入力される。フーリエ変換回路 105 は、入力される複素ベースバンド信号に OFDM シンボル毎に高速フーリエ変換処理を施して、入力信号に含まれる多数のサブキャリアの各信号成分をそれぞれ分離する。

#### 【0042】

フーリエ変換回路 105 で分離された各サブキャリアの信号は、同期検波回路 107 及びチャンネル推定回路 106 にそれぞれ入力される。チャンネル推定回路 106 は、入力される各サブキャリアの信号のうち、チャンネル推定用プリアンブル信号（図 10 参照）に相当する信号成分を用いて受信した OFDM 信号が通ってきた伝送路（チャンネル）の状態を推定し、その推定結果を出力する。

#### 【0043】

チャンネル推定回路 106 のチャンネル推定結果を参照することにより、例えば、各々のサブキャリアの振幅や位相がフェージングによってどのような影響を受けているかを知ることができる。チャンネル推定回路 106 のチャンネル推定結果は、同期検波回路 107 に入力される。

同期検波回路 107 は、同期検波回路 107 から入力される複素ベースバンド信号について、チャンネル推定回路 106 から入力されるチャンネル推定結果を利用して、サブキャリア毎に、フェージング等のチャンネル特性に起因する振幅変動及び位相回転を補正するとともに同期検波を行う。

#### 【0044】

同期検波回路 107 が出力する検波信号は、位相回転補正回路 109 及びクロック周波数誤差推定部 100 にそれぞれ入力される。クロック周波数誤差推定部 100 は、位相回転検出回路 108、クロック周波数誤差予測回路 110、位相回転演算回路 111 で構成されている。

例えば、変調方式として 16QAM 変調を採用している場合には、同期検波後の信号は本来、位相平面上で図 9 に示す 16 個の基準信号点 S1～S16 のいずれかの位置に現れる。しかし、送信側と受信側との間でクロック周波数にずれが存在する場合には同期検波された検波信号に位相回転が生じるため、同期検波回

路 1 0 7 から出力される検波信号（図 9 の R 1 , R 2 ）の位置は本来の位置であるいずれか 1 つの基準信号点と一致しなくなる。検波信号の位相回転量は、OFDM シンボル毎及びサブキャリア毎に異なる。

#### 【 0 0 4 5 】

クロック周波数誤差推定部 1 0 0 の位相回転検出回路 1 0 8 は、各サブキャリアの検波信号について、それぞれの位相回転量あるいは位相回転累積量を検出する。例えば、図 9 に示す入力信号 R 1 が検波信号である場合、位相回転検出回路 1 0 8 は基準信号点 S 1 ～ S 1 6 の中で位置が入力信号 R 1 に最も近い基準信号点 S 3 を基準とし、基準信号点 S 3 と入力信号 R 1 との位相差  $\phi 1$  を検出する。

#### 【 0 0 4 6 】

また、図 9 に示す入力信号 R 2 が検波信号である場合、位相回転検出回路 1 0 8 は基準信号点 S 1 ～ S 1 6 の中で位置が入力信号 R 2 に最も近い基準信号点 S 6 を基準とし、基準信号点 S 6 と入力信号 R 2 との位相差  $\phi 2$  を検出する。

クロック周波数誤差予測回路 1 1 0 は、各 OFDM シンボルについてサブキャリア毎に位相回転検出回路 1 0 8 から入力される位相差の情報に基づいて、送信側と受信側との間のクロック周波数の誤差を推定する。

#### 【 0 0 4 7 】

すなわち、クロック周波数誤差による位相回転量（図 9 の位相差  $\phi 1$  ,  $\phi 2$  ）、チャンネル推定時からの時間経過量（ $t$  ）、各サブキャリアの中心周波数からの周波数オフセット量、サンプリングクロック周波数の規格値（ $f_{clk}$ ）はいずれも既知なので、前記第(1)式を用いることによりクロック周波数の誤差（ $\Delta f_{clk}$ ）を推定できる。

#### 【 0 0 4 8 】

位相回転演算回路 1 1 1 は、クロック周波数誤差予測回路 1 1 0 が推定したクロック周波数の誤差に基づき、同期検波回路 1 0 7 が出力する検波信号にこれから現れる OFDM シンボルについて、サブキャリア毎に位相回転量を演算する。この位相回転量は、前記第(1)式により求めることができる。

位相回転補正回路 1 0 9 は、同期検波回路 1 0 7 から出力される各サブキャリアの検波信号について、位相回転演算回路 1 1 1 で求められた位相回転量を用い

て、クロック周波数誤差に起因する位相回転をシンボル毎に補正する。

【0049】

位相回転補正回路 109 によって位相回転が補正された検波信号が識別回路 112 に入力される。識別回路 112 は、入力される検波信号のうち、データ信号（図 10 参照）についてシンボル判定を行い、その判定結果を復調出力として出力する。例えば、16QAM 変調の場合には識別回路 112 は各々の検波信号が図 9 に示す基準信号点 S1～S16 のいずれに該当するかを識別する。

【0050】

（第 2 の実施の形態）

この形態の OFDM 復調装置について、図 2 を参照して説明する。この形態は請求項 2 に対応する。この形態は第 1 の実施の形態の変形例である。図 2 において、第 1 の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。第 1 の実施の形態と同一の部分については、以下の説明を省略する。

【0051】

図 2 に示すクロック周波数誤差推定部 200 には、重み付け回路 201、平滑化回路 202、位相回転検出回路 203、クロック周波数誤差予測回路 110 及び位相回転演算回路 111 が備わっている。

同期検波回路 107 が出力する検波信号と、チャネル推定回路 106 が出力するチャネル推定結果とが重み付け回路 201 に入力される。重み付け回路 201 は、チャネル推定結果に基づいて、入力される検波信号に対してサブキャリア毎に重み付けを行う。

【0052】

例えば、チャネル推定結果から得られる各サブキャリアの電力レベル情報に基づいて、電力レベルが大きいサブキャリアの検波信号には大きな重み付けを行い、電力レベルが小さいサブキャリアの検波信号には小さい重み付けを行う。このような重み付けを行うと、位相回転量を検出する際に電力レベルの小さい信号（劣化した信号）の影響度が小さくなり位相回転検出の信頼性が改善される。

【0053】

重み付け回路 201 によって重み付けされた検波信号は、サブキャリア毎に平

平滑化回路 2 0 2 に入力される。平滑化回路 2 0 2 は、重み付け回路 2 0 1 から入力される検波信号について、サブキャリア毎に時間軸方向に対する移動平均を計算し、その結果を出力する。すなわち、平滑化回路 2 0 2 は検波信号を平滑化する。この平滑化により、受信回路 1 0 2 において信号に付加された熱雑音等による信号品質の劣化を除去することができる。

#### 【 0 0 5 4 】

位相回転検出回路 2 0 3 は、重み付け回路 2 0 1 で重み付けされ平滑化回路 2 0 2 で平滑化された検波信号を入力し、クロック周波数誤差によって検波信号に生じた位相回転の位相回転量（図 9 の  $\phi 1$  ,  $\phi 2$ ）あるいは位相回転累積量をサブキャリア毎に検出する。

クロック周波数誤差予測回路 1 1 0 は、位相回転検出回路 2 0 3 が検出したサブキャリア毎の位相回転量あるいは位相回転累積量に基づいて、送信側と受信側とのクロック周波数誤差を検出する。位相回転演算回路 1 1 1 は、クロック周波数誤差予測回路 1 1 0 が検出したクロック周波数誤差に基づいて、同期検波回路 1 0 7 から出力される検波信号の位相回転量をシンボル毎及びサブキャリア毎に演算する。この演算結果が位相回転補正回路 1 0 9 に印加される。

#### 【 0 0 5 5 】

##### （第 3 の実施の形態）

この形態の OFDM 復調装置について、図 3 を参照して説明する。この形態は請求項 3 に対応する。この形態は第 1 の実施の形態の変形例である。図 3 において、第 1 の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。第 1 の実施の形態と同一の部分については、以下の説明を省略する。

#### 【 0 0 5 6 】

図 3 に示すクロック周波数誤差推定部 3 0 0 には、パイロット信号抽出回路 3 0 1 , 位相回転検出回路 3 0 2 , クロック周波数誤差予測回路 3 0 3 及び位相回転演算回路 1 1 1 が備わっている。

この形態では、受信した OFDM 信号に含まれる多数のサブキャリアのうち一部分（複数）のサブキャリアに予め固定されたパイロット信号（既知信号）を割り当ててある場合を想定している。

## 【0057】

パイロット信号抽出回路 301 は、同期検波回路 107 が出力する検波信号を入力し、その検波信号の中からパイロット信号に相当するサブキャリアの信号成分だけを抽出する。

位相回転検出回路 302 は、パイロット信号抽出回路 301 が抽出したパイロット信号に相当する特定のサブキャリア（パイロット信号の送信に使用されたサブキャリアであるパイロットサブキャリア）の信号成分だけを入力し、そのサブキャリアに生じた位相回転の位相回転量あるいは位相回転累積量を、OFDMシンボル毎及びパイロットサブキャリア毎に検出する。

## 【0058】

パイロット信号は既知信号なので、それに対応する基準信号点も既知である。従って、パイロット信号に相当する信号だけを位相回転量の検出対象にする場合には検波信号に対応する特定の基準信号点を識別する必要がなく、信号処理が簡単になる。

クロック周波数誤差予測回路 303 は、位相回転検出回路 302 で検出された位相回転量あるいは位相回転累積量をパイロットサブキャリア毎及びシンボル毎に入力して、送信側と受信側との間のクロック周波数誤差を推定する。

## 【0059】

位相回転演算回路 111 は、クロック周波数誤差予測回路 303 が推定したクロック周波数誤差に基づいて、同期検波回路 107 が出力する検波信号の位相回転量をサブキャリア毎及びシンボル毎に予測する。

位相回転補正回路 109 は、同期検波回路 107 から入力される検波信号を、サブキャリア毎及びシンボル毎に位相回転演算回路 111 から入力される位相回転量に基づいて補正する。これにより、クロック周波数誤差に起因する検波信号の位相回転が補正される。

## 【0060】

## （第 4 の実施の形態）

この形態の OFDM 復調装置について、図 4 を参照して説明する。この形態は請求項 4 に対応する。この形態は第 1 の実施の形態の変形例である。図 4 におい

て、第 1 の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。第 1 の実施の形態と同一の部分については、以下の説明を省略する。

#### 【0061】

図 4 に示すクロック周波数誤差推定部 4 0 0 は、パイロット信号抽出回路 4 0 1、重み付け回路 4 0 2、平滑化回路 4 0 3、位相回転検出回路 4 0 4、クロック周波数誤差予測回路 4 0 5 及び位相回転演算回路 1 1 1 を備えている。

この形態では、受信した OFDM 信号に含まれる多数のサブキャリアのうち一部分（複数）のサブキャリアに予め固定されたパイロット信号を割り当ててある場合を想定している。

#### 【0062】

パイロット信号抽出回路 4 0 1 は、同期検波回路 1 0 7 が出力する検波信号を入力し、その検波信号の中からパイロット信号に相当するサブキャリアの信号成分だけを抽出する。

重み付け回路 4 0 2 は、パイロット信号抽出回路 4 0 1 によって検波信号の中から抽出されたパイロット信号に相当する各サブキャリアの信号成分について、チャンネル推定回路 1 0 6 が推定したチャンネル推定結果を用いてサブキャリア毎に重み付けを行う。

#### 【0063】

例えば、チャンネル推定結果から得られる各サブキャリアの電力レベル情報に基づいて、電力レベルが大きいサブキャリアの検波信号には大きな重み付けを行い、電力レベルが小さいサブキャリアの検波信号には小さい重み付けを行う。このような重み付けを行うと、位相回転量を検出する際に電力レベルの小さい信号の影響度が小さくなり位相回転検出の信頼性が改善される。

#### 【0064】

重み付け回路 4 0 2 によって重み付けされた検波信号は、サブキャリア毎に平滑化回路 4 0 3 に入力される。平滑化回路 4 0 3 は、重み付け回路 4 0 2 から入力される検波信号について、サブキャリア毎に時間軸方向に対する移動平均を計算し、その結果を出力する。すなわち、平滑化回路 4 0 3 は検波信号を平滑化する。この平滑化により、受信回路 1 0 2 において信号に付加された熱雑音等によ

る信号品質の劣化を除去することができる。

#### 【0065】

位相回転検出回路404は、重み付け回路402で重み付けされ平滑化回路403で平滑化された検波信号を入力し、クロック周波数誤差によって検波信号に生じた位相回転の位相回転量（図9の $\phi 1$ 、 $\phi 2$ ）あるいは位相回転累積量をサブキャリア毎に検出する。

クロック周波数誤差予測回路405は、位相回転検出回路404が検出したサブキャリア毎の位相回転量あるいは位相回転累積量に基づいて、送信側と受信側とのクロック周波数誤差を検出する。位相回転演算回路111は、クロック周波数誤差予測回路405が検出したクロック周波数誤差に基づいて、同期検波回路107から出力される検波信号の位相回転量をシンボル毎及びサブキャリア毎に演算する。この演算結果が位相回転補正回路109に印加される。

#### 【0066】

（第5の実施の形態）

この形態のOFDM復調装置について、図5を参照して説明する。この形態は請求項5に対応する。この形態は第1の実施の形態の変形例である。図5において、第1の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。第1の実施の形態と同一の部分については、以下の説明を省略する。

#### 【0067】

この形態では、請求項5の受信手段、同期処理手段、フーリエ変換手段、チャネル推定手段、同期検波手段、クロック周波数誤差推定手段及び位相回転補正手段は、それぞれ受信回路102、同期処理回路103、フーリエ変換回路105、チャネル推定回路106、同期検波回路107、クロック周波数誤差推定部500及び位相回転補正回路109に対応する。

#### 【0068】

図5に示すクロック周波数誤差推定部500は、位相回転検出回路501、クロック周波数誤差予測回路502及び位相回転演算回路503を備えている。

位相回転検出回路501は、位相回転補正回路109を通過した補正後の検波信号を入力し、検波信号の位相回転量をOFDMシンボル毎及びサブキャリア毎



に検出する。位相回転検出回路 5 0 1 の基本的な動作は、図 1 の位相回転検出回路 1 0 8 と同様である。

#### 【0 0 6 9】

クロック周波数誤差予測回路 5 0 2 は、当該シンボル受信時までに位相回転検出回路 5 0 1 から入力されたサブキャリア毎の位相回転量の情報を用いて、送信側と受信側とのクロック周波数の誤差を推定する。

位相回転演算回路 5 0 3 は、クロック周波数誤差によって同期検波回路 1 0 7 が出力する検波信号に生じる位相回転の位相回転量を、クロック周波数誤差予測回路 5 0 2 が推定したクロック周波数誤差の情報を用いてサブキャリア毎に演算して求める。

#### 【0 0 7 0】

位相回転補正回路 1 0 9 は、同期検波回路 1 0 7 が出力する検波信号の位相回転を、位相回転演算回路 5 0 3 から入力される位相回転量を用いてシンボル毎及びサブキャリア毎にそれぞれ補正する。

すなわち、図 1 の OFDM 復調装置においては位相回転補正回路 1 0 9 が補正する前の検波信号から位相回転を検出しているのに対し、図 5 の OFDM 復調装置においては位相回転補正回路 1 0 9 が補正した後の検波信号から位相回転を検出している。

#### 【0 0 7 1】

##### (第 6 の実施の形態)

この形態の OFDM 復調装置について、図 6 を参照して説明する。この形態は請求項 6 に対応する。この形態は第 5 の実施の形態の変形例である。図 6 において、第 5 の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。第 5 の実施の形態と同一の部分については、以下の説明を省略する。

#### 【0 0 7 2】

図 6 に示すクロック周波数誤差推定部 6 0 0 は、重み付け回路 6 0 1，平滑化回路 6 0 2，位相回転検出回路 6 0 3，クロック周波数誤差予測回路 5 0 2 及び位相回転演算回路 5 0 3 を備えている。

重み付け回路 6 0 1 は、位相回転補正回路 1 0 9 が出力する補正後の検波信号

を入力し、チャンネル推定回路 1 0 6 が推定したチャンネル推定結果を用いて、入力した検波信号をサブキャリア毎に重み付けする。

【0 0 7 3】

例えば、チャンネル推定結果から得られる各サブキャリアの電力レベル情報に基づいて、電力レベルが大きいサブキャリアの検波信号には大きな重み付けを行い、電力レベルが小さいサブキャリアの検波信号には小さい重み付けを行う。このような重み付けを行うと、位相回転量を検出する際に電力レベルの小さい信号の影響度が小さくなり位相回転検出の信頼性が改善される。

【0 0 7 4】

重み付け回路 6 0 1 によって重み付けされた検波信号は、サブキャリア毎に平滑化回路 6 0 2 に入力される。平滑化回路 6 0 2 は、重み付け回路 6 0 1 から入力される検波信号について、サブキャリア毎に時間軸方向に対する移動平均を計算し、その結果を出力する。すなわち、平滑化回路 6 0 2 は検波信号を平滑化する。この平滑化により、受信回路 1 0 2 において信号に付加された熱雑音等による信号品質の劣化を除去することができる。

【0 0 7 5】

位相回転検出回路 6 0 3 は、重み付け回路 6 0 1 で重み付けされ平滑化回路 6 0 2 で平滑化された検波信号を入力し、クロック周波数誤差によって検波信号に生じた位相回転の位相回転量をサブキャリア毎に検出する。

位相回転検出回路 6 0 3 の検出した位相回転量がクロック周波数誤差予測回路 5 0 2 に印加され、クロック周波数誤差の推定に利用される。

【0 0 7 6】

(第 7 の実施の形態)

この形態の OFDM 復調装置について、図 7 を参照して説明する。この形態は請求項 7 に対応する。この形態は第 5 の実施の形態の変形例である。図 7 において、第 5 の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。第 5 の実施の形態と同一の部分については、以下の説明を省略する。

【0 0 7 7】

図 7 に示すクロック周波数誤差推定部 7 0 0 は、パイロット信号抽出回路 7 0

1, 位相回転検出回路 7 0 2, クロック周波数誤差予測回路 7 0 3 及び位相回転演算回路 5 0 3 を備えている。

【0 0 7 8】

この形態では、受信した OFDM 信号に含まれる多数のサブキャリアのうち一部分（複数）のサブキャリアに予め固定されたパイロット信号を割り当ててある場合を想定している。

パイロット信号抽出回路 7 0 1 は、位相回転補正回路 1 0 9 によって補正された検波信号を入力し、その検波信号の中からパイロット信号に相当するサブキャリアの信号成分だけを抽出する。

【0 0 7 9】

位相回転検出回路 7 0 2 は、クロック周波数誤差によって検波信号に生じる位相回転の位相回転量（図 9 の  $\phi 1$ ,  $\phi 2$ ）を、パイロット信号抽出回路 7 0 1 が抽出したパイロット信号に相当する検波信号を用いて、OFDM シンボル毎及びパイロットサブキャリア毎にそれぞれ検出する。

クロック周波数誤差予測回路 7 0 3 は、位相回転検出回路 7 0 2 で検出されたパイロットサブキャリア毎の位相回転量の情報を入力し、送信側と受信側とのクロック周波数の誤差を推定する。

【0 0 8 0】

検波信号のシンボル毎及びサブキャリア毎の位相回転量を演算するために、クロック周波数誤差予測回路 7 0 3 の推定したクロック周波数誤差の情報が位相回転演算回路 5 0 3 に入力される。

（第 8 の実施の形態）

この形態の OFDM 復調装置について、図 8 を参照して説明する。この形態は請求項 8 に対応する。この形態は第 5 の実施の形態の変形例である。図 8 において、第 5 の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。第 5 の実施の形態と同一の部分については、以下の説明を省略する。

【0 0 8 1】

図 8 に示すクロック周波数誤差推定部 8 0 0 は、パイロット信号抽出回路 8 0 1, 重み付け回路 8 0 2, 平滑化回路 8 0 3, 位相回転検出回路 8 0 4, クロッ

ク周波数誤差予測回路 8 0 5 及び位相回転演算回路 5 0 3 に対応する。

この形態では、受信した OFDM 信号に含まれる多数のサブキャリアのうち一部分（複数）のサブキャリアに予め固定されたパイロット信号を割り当ててある場合を想定している。

#### 【 0 0 8 2 】

パイロット信号抽出回路 8 0 1 は、位相回転補正回路 1 0 9 によって補正された検波信号を入力し、その検波信号の中からパイロット信号に相当するサブキャリアの信号成分だけを抽出する。

重み付け回路 8 0 2 は、パイロット信号抽出回路 8 0 1 で抽出されたパイロット信号に相当するサブキャリアの検波信号を入力し、チャネル推定回路 1 0 6 が推定したチャネル推定結果を用いて、入力した検波信号をサブキャリア毎に重み付けする。

#### 【 0 0 8 3 】

例えば、チャネル推定結果から得られる各サブキャリアの電力レベル情報に基づいて、電力レベルが大きいサブキャリアの検波信号には大きな重み付けを行い、電力レベルが小さいサブキャリアの検波信号には小さい重み付けを行う。このような重み付けを行うと、位相回転量を検出する際に電力レベルの小さい信号の影響度が小さくなり位相回転検出の信頼性が改善される。

#### 【 0 0 8 4 】

重み付け回路 8 0 2 によって重み付けされた検波信号は、サブキャリア毎に平滑化回路 8 0 3 に入力される。平滑化回路 8 0 3 は、重み付け回路 8 0 2 から入力される検波信号について、サブキャリア毎に時間軸方向に対する移動平均を計算し、その結果を出力する。すなわち、平滑化回路 8 0 3 は検波信号を平滑化する。この平滑化により、受信回路 1 0 2 において信号に付加された熱雑音等による信号品質の劣化を除去することができる。

#### 【 0 0 8 5 】

位相回転検出回路 8 0 4 は、重み付け回路 8 0 2 で重み付けされ平滑化回路 8 0 3 で平滑化された検波信号を入力し、クロック周波数誤差によって検波信号に生じた位相回転の位相回転量を各パイロットサブキャリアについて検出する。

クロック周波数誤差予測回路 8 0 5 は、位相回転検出回路 8 0 4 が検出した各パイロットサブキャリアの位相回転量に基づいて、送信側と受信側とのクロック周波数の誤差を推定する。

【 0 0 8 6 】

検波信号のシンボル毎及びサブキャリア毎の位相回転量を演算するために、クロック周波数誤差予測回路 8 0 5 の推定したクロック周波数誤差の情報が位相回転演算回路 5 0 3 に入力される。

【 0 0 8 7 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、送受間でクロック周波数にずれがある場合でも劣化無く OFDM 信号を復調することが可能である。また、構成の複雑なアナログ補正回路を設ける必要もない。

【 0 0 8 8 】

また、チャネル推定結果を利用して重み付けを行いさらに平滑化を行った情報を用いて同期検波後の各サブキャリア信号の位相回転を検出することにより、フェージングや熱雑音等の影響を受けにくくなる。

また、既知信号であるパイロット信号を利用してクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出することにより、位相回転を検出する回路の構成が簡略化される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】

第 2 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】

第 3 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成を示すブロック図である。

【図 4】

第 4 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成を示すブロック図である。

【図 5】

第 5 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成を示すブロック図である。

【図 6】

第 6 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成を示すブロック図である。

【図 7】

第 7 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成を示すブロック図である。

【図 8】

第 8 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成を示すブロック図である。

【図 9】

16QAM 変調の場合の信号の例を示すグラフである。

【図 10】

OFDM 信号のバーストフォーマットの例を示すタイムチャートである。

【図 11】

従来例の OFDM 復調装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

100, 200, 300, 400 クロック周波数誤差推定部

101 アンテナ

102 受信回路

103 同期処理回路

104 ガードインターバル除去回路

105 フーリエ変換回路

106 チャネル推定回路

107 同期検波回路

108, 203, 302, 404, 501, 603 位相回転検出回路

109 位相回転補正回路

110, 303, 405, 502, 703 クロック周波数誤差予測回路

111, 503 位相回転演算回路

112 識別回路

201, 402, 601, 802 重み付け回路

202, 403, 602, 803 平滑化回路

301, 401, 701, 801 パイロット信号抽出回路

500, 600, 700, 800 クロック周波数誤差推定部

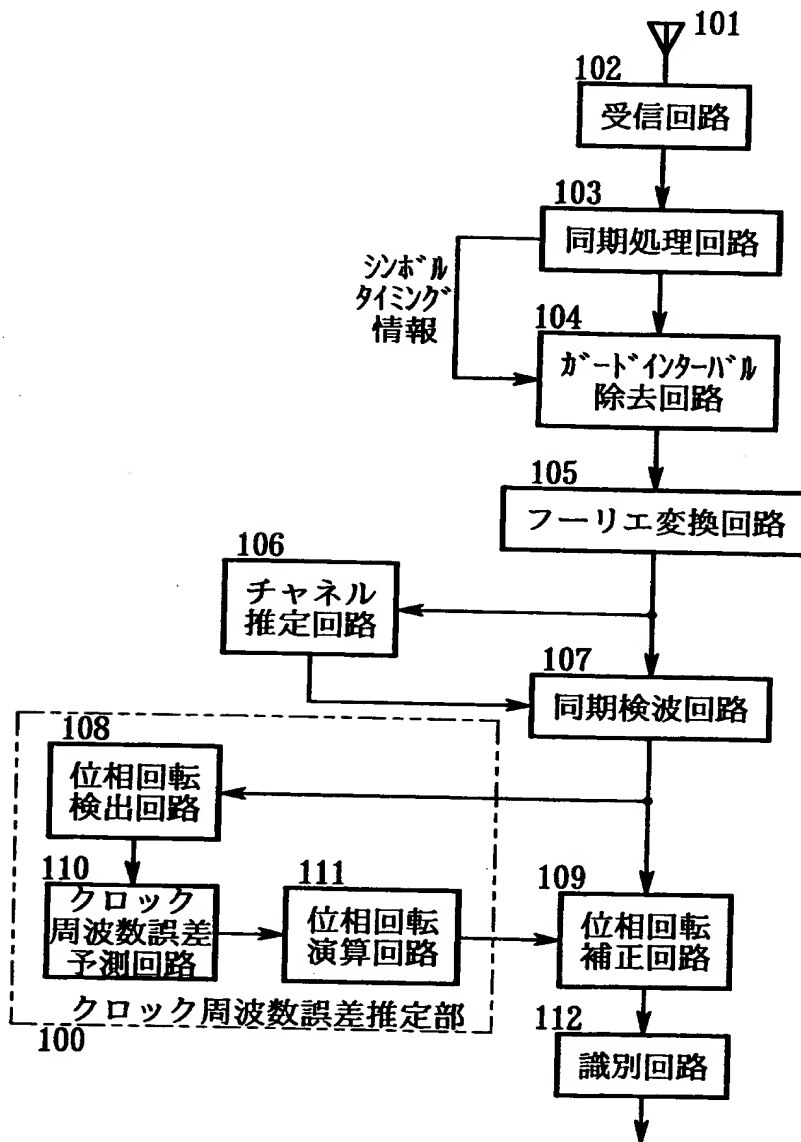
702, 804 位相回転検出回路

805 クロック周波数誤差予測回路

【書類名】 図面

【図 1】

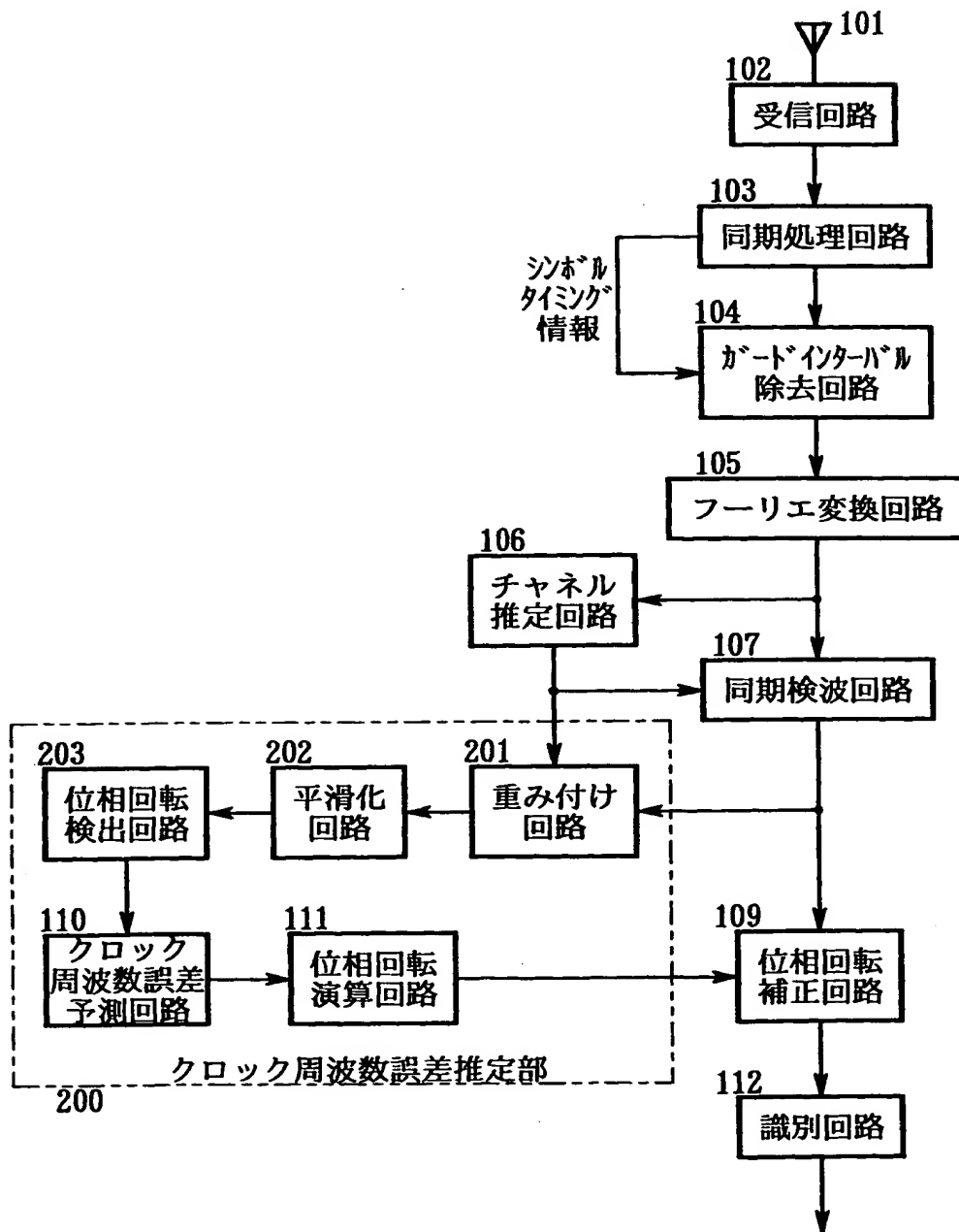
第 1 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成





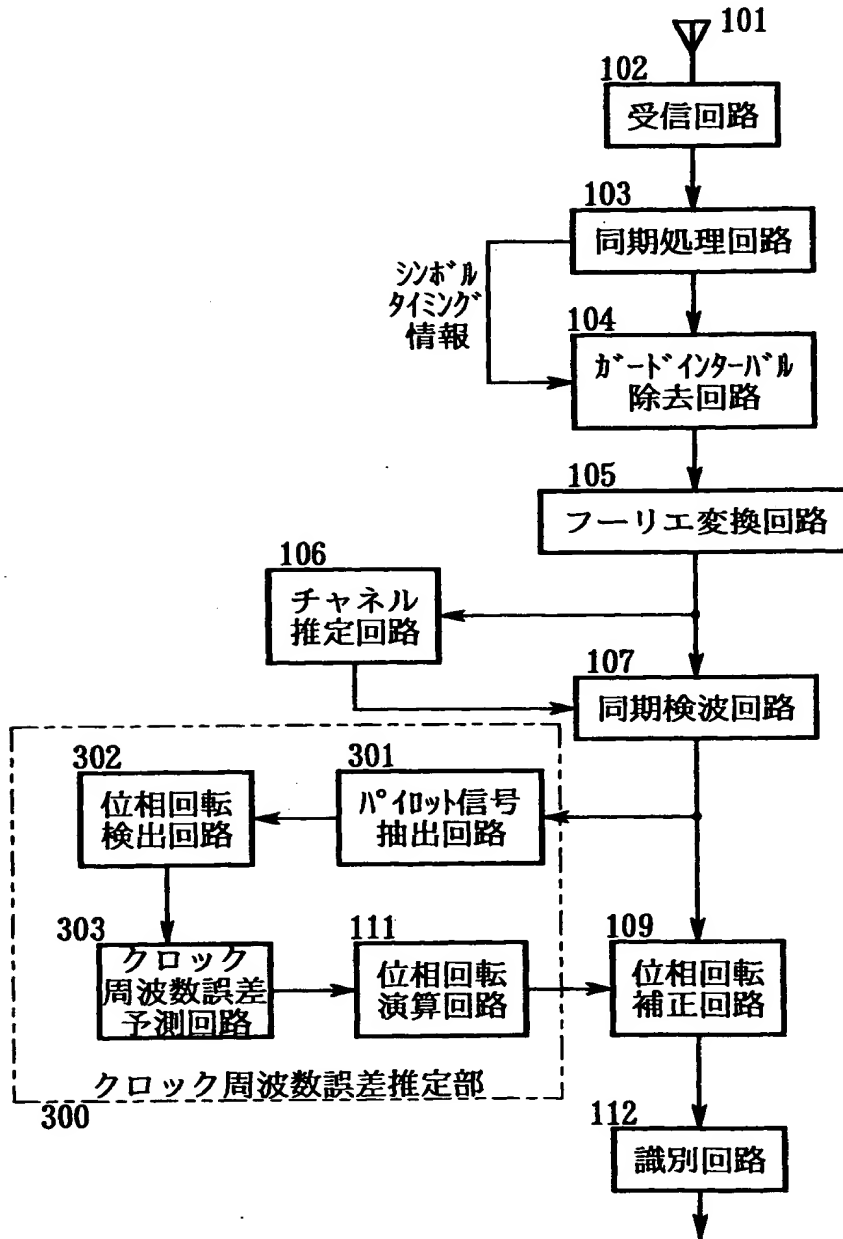
【図 2】

第 2 の実施の形態の O F D M 復調装置の構成



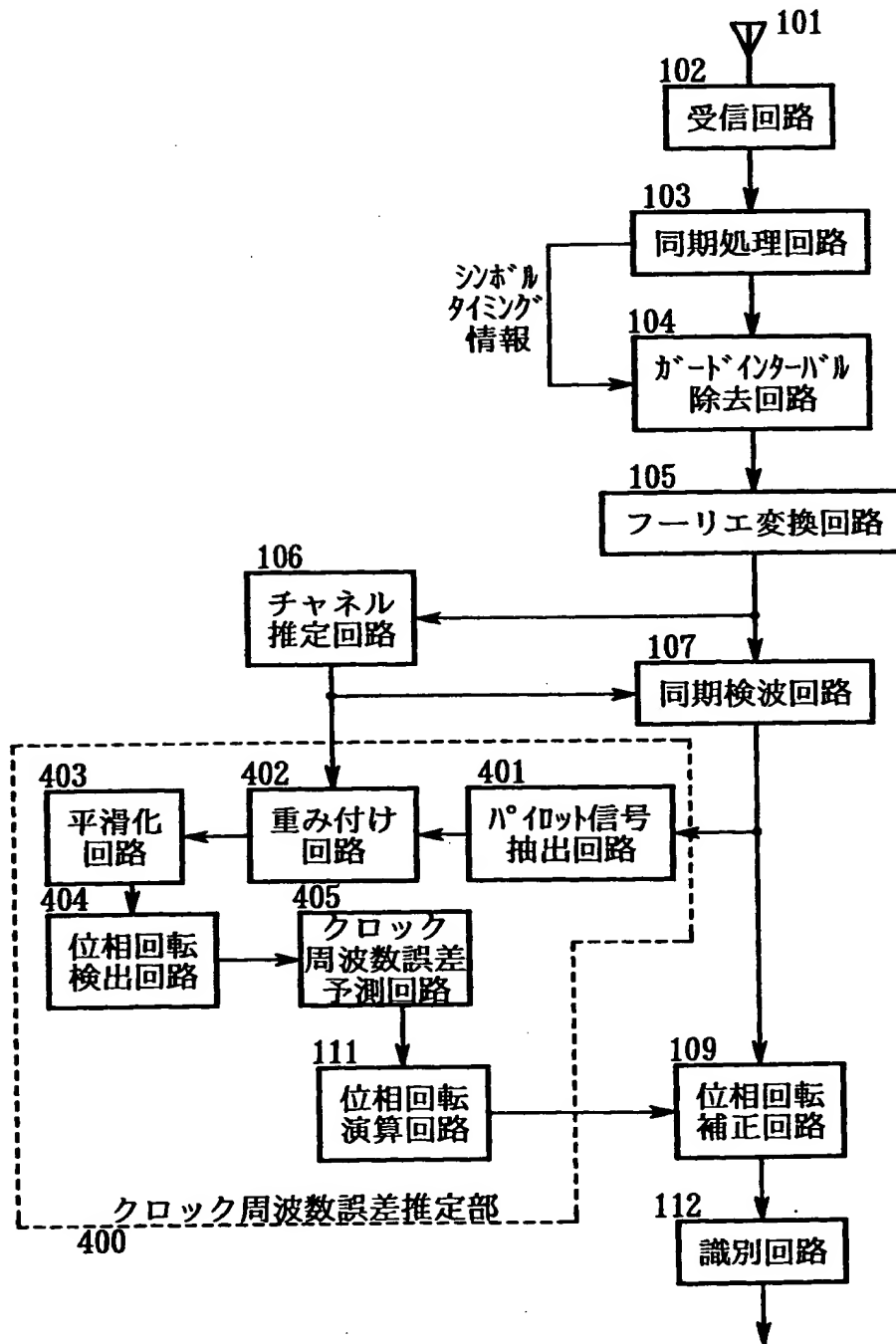
【図 3】

第 3 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成



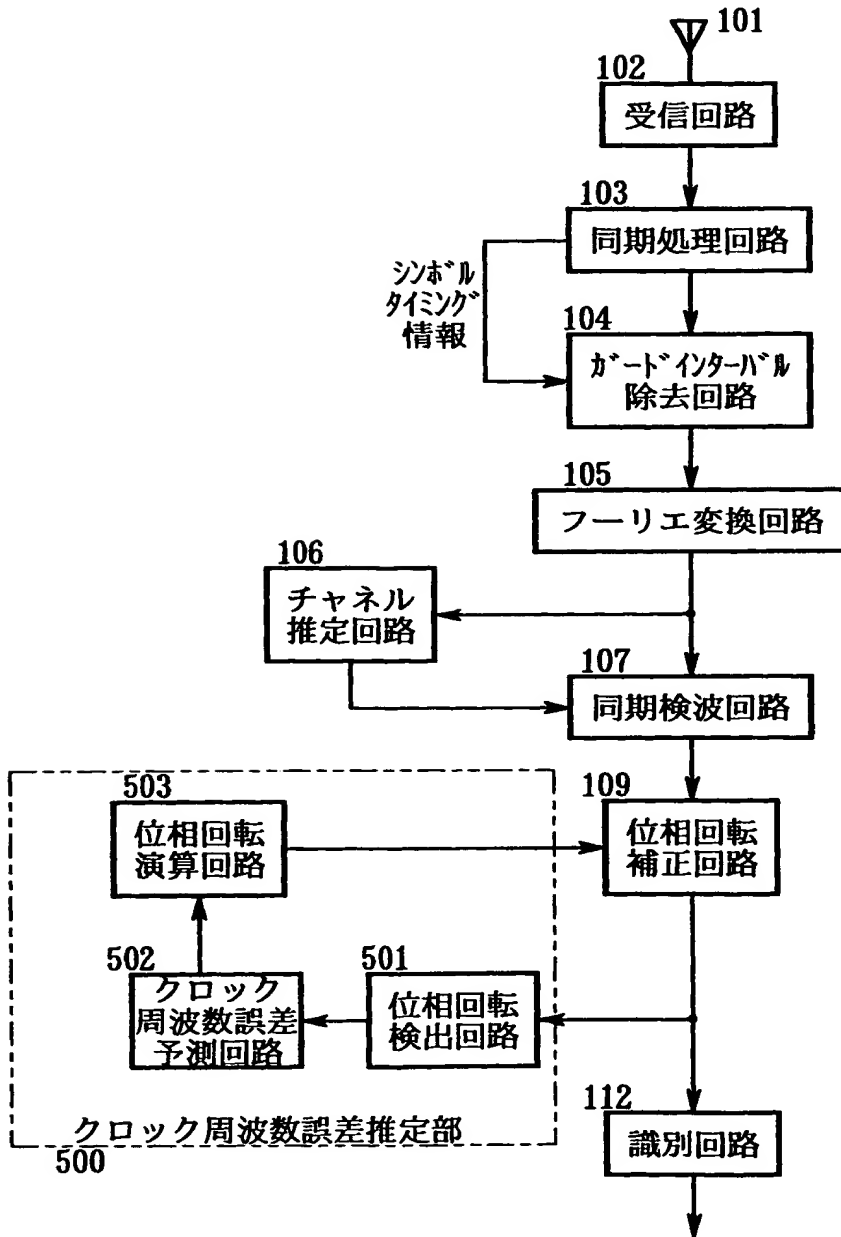
【図 4】

第 4 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成



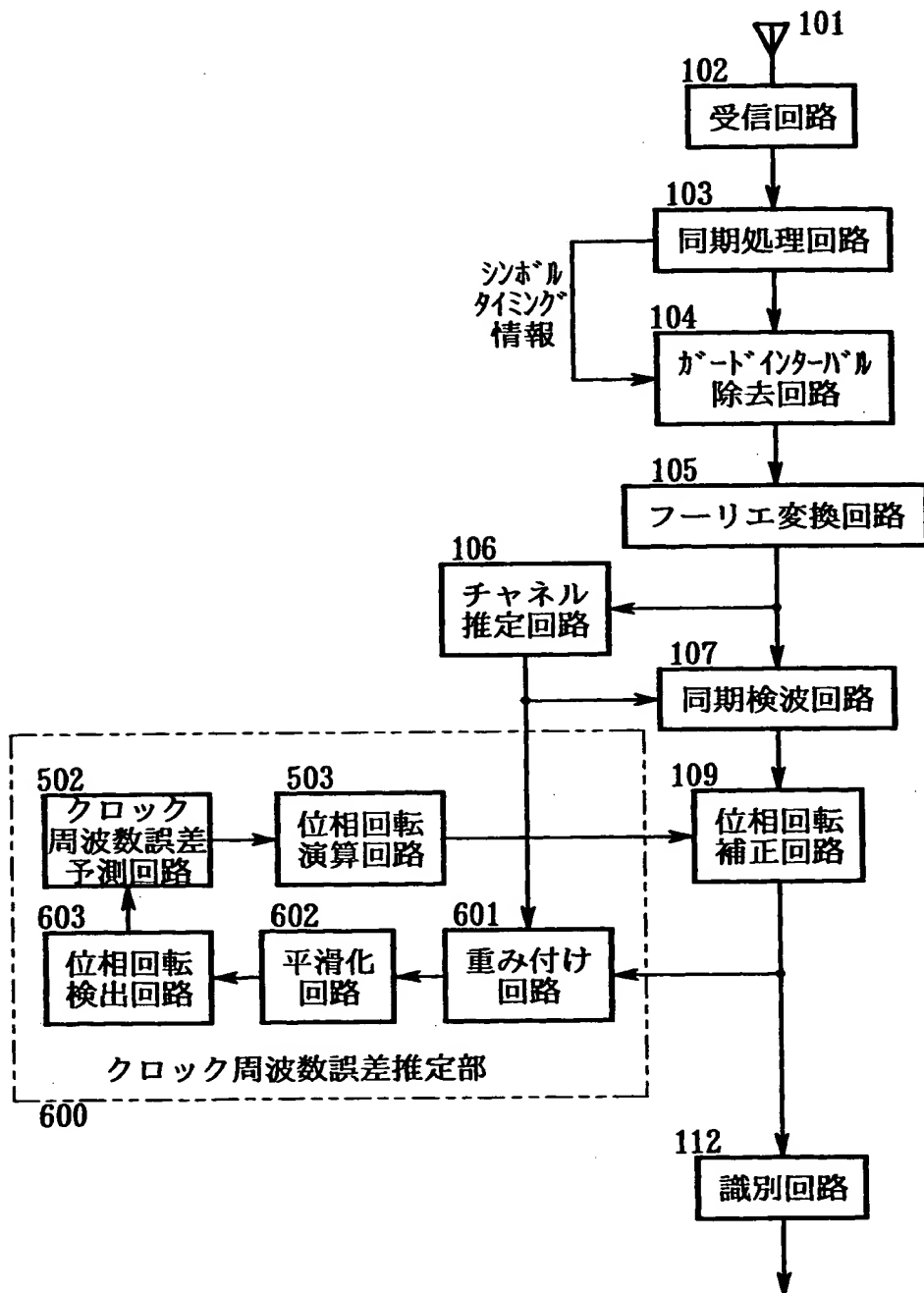
【図 5】

第 5 の実施の形態の O F D M 復調装置の構成



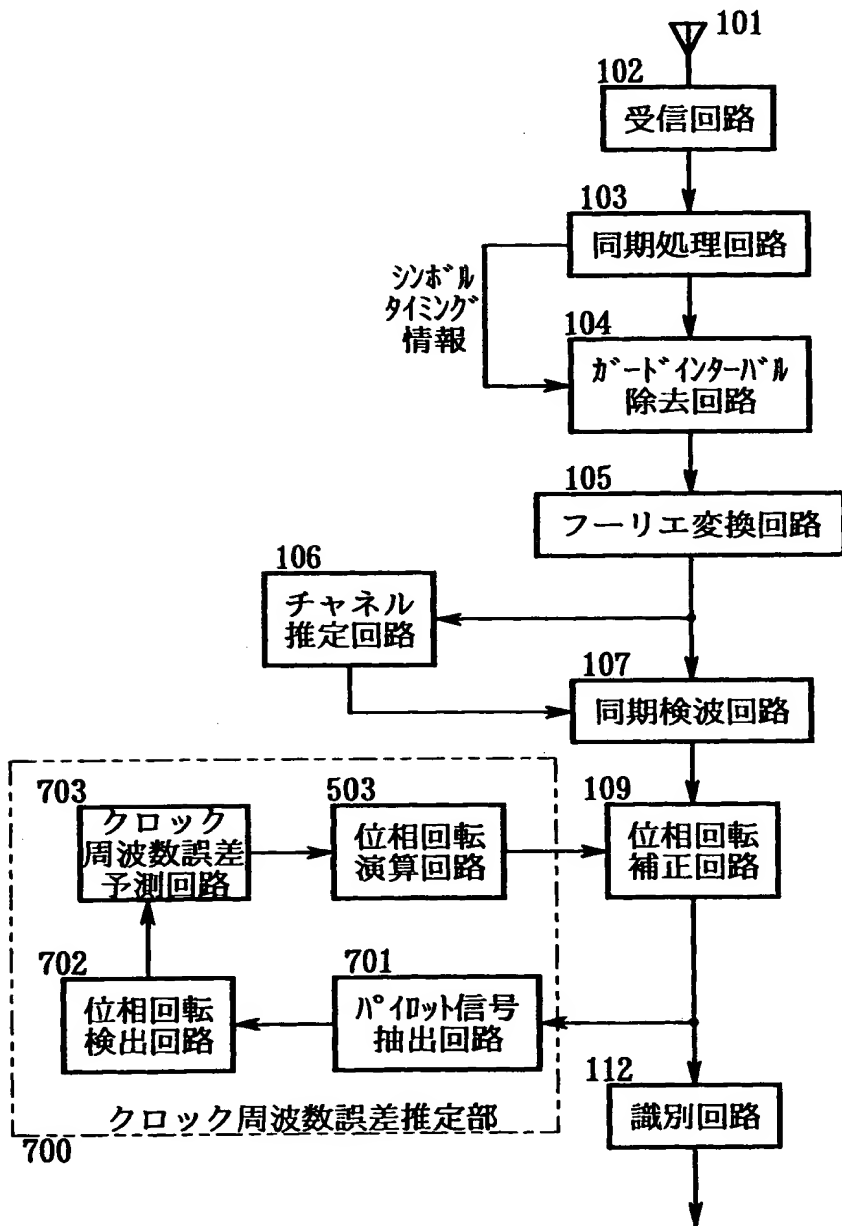
【図 6】

## 第 6 の実施の形態の O F D M 復調装置の構成



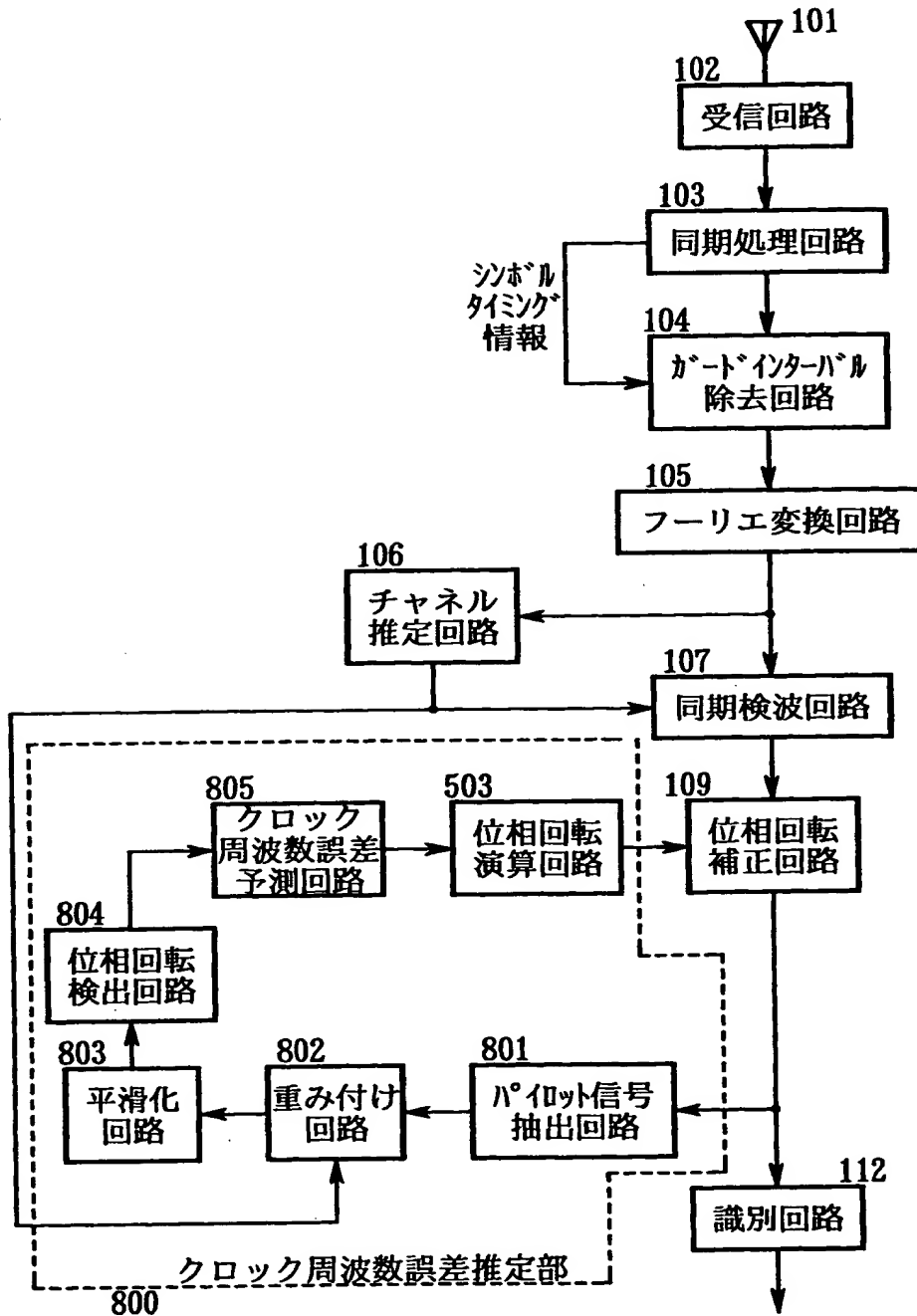
【図 7】

第 7 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成



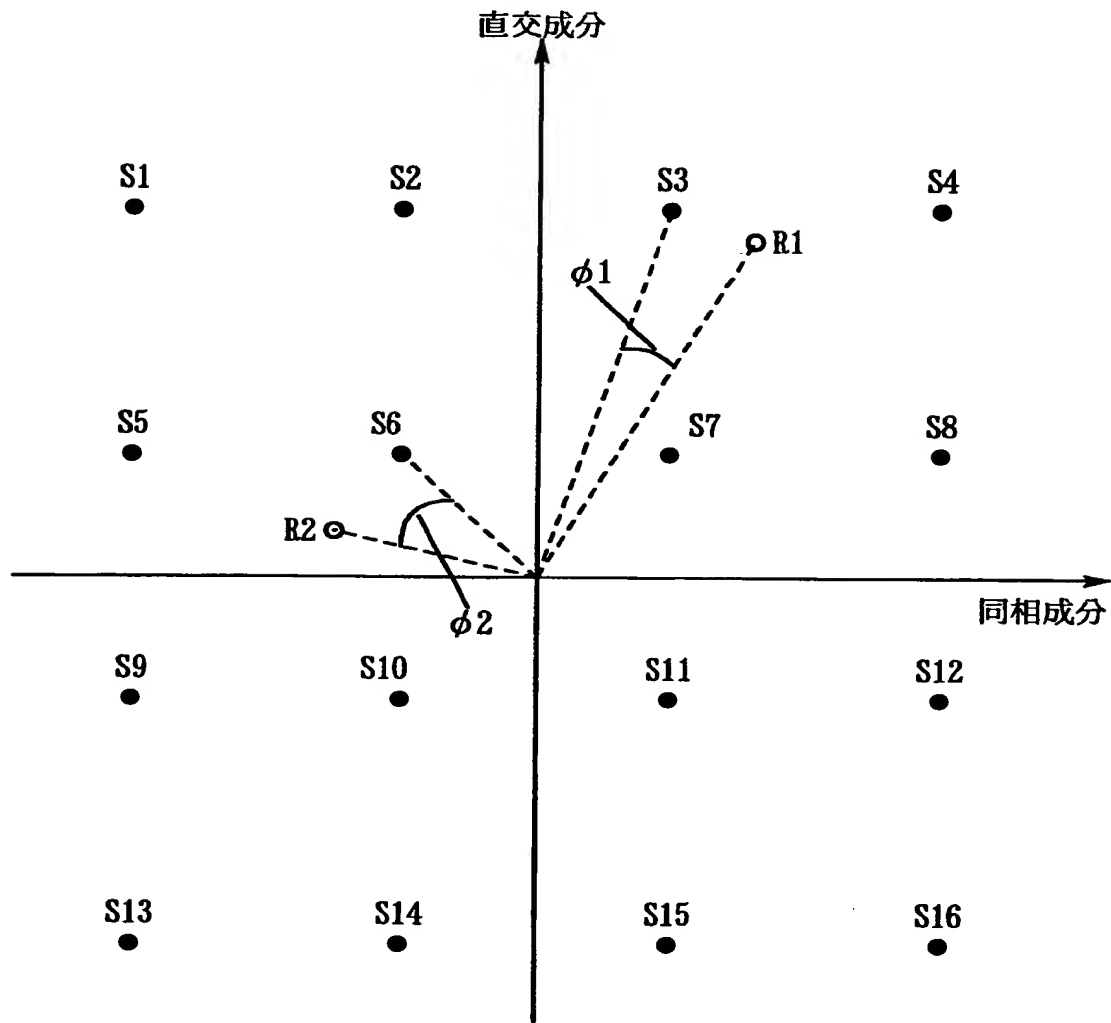
【図 8】

## 第 8 の実施の形態の OFDM 復調装置の構成



【図 9】

1 6 Q A M 変調の場合の信号の例



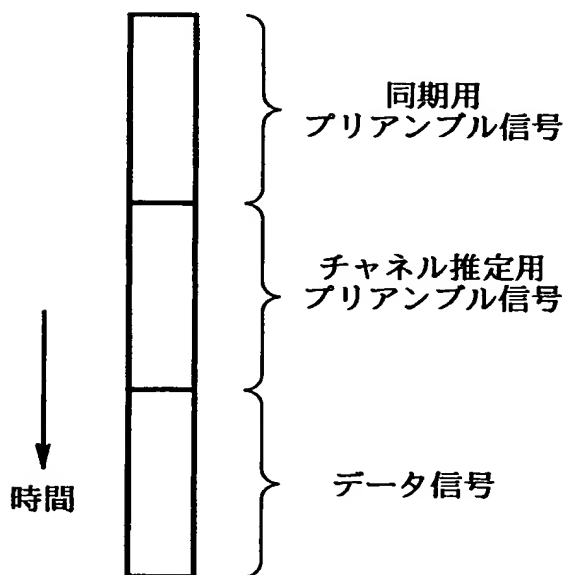
S1～S16 : 基準信号点

R1, R2 : 入力信号



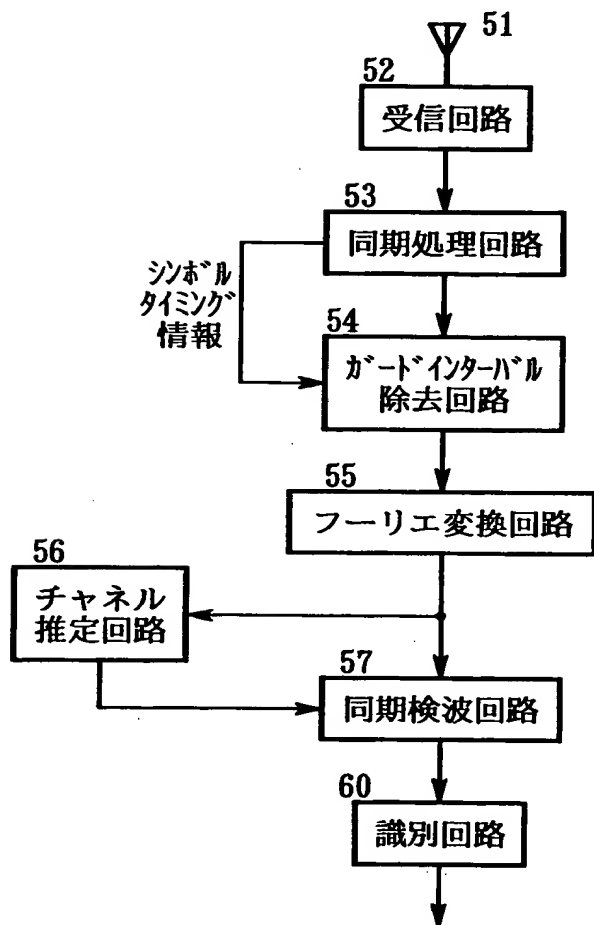
【図 1 0】

OFDM信号のバーストフォーマットの例



【図 1 1】

従来例の OFDM 復調装置の構成



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明はOFDM復調装置において送信側装置のクロック周波数と受信側装置のクロック周波数との間にずれが存在する場合に受信側で復調される信号の劣化を抑制するとともに回路構成の複雑化を回避することを目的とする。

【解決手段】 各サブキャリア信号を用いてチャネル特性の推定を行うチャネル推定手段106とチャネル特性の推定結果を用いてサブキャリア信号に対し等化处理および同期検波処理を行い検波信号を出力する同期検波手段107と検波信号のうち全てあるいは一部の検波信号を用いてクロック周波数誤差による位相回転量あるいは位相回転累積量を検出しクロック周波数誤差による各サブキャリア信号の位相回転情報を生成するクロック周波数誤差推定手段100とクロック周波数誤差に応じた情報に基づいて検波信号に対してクロック周波数誤差による位相回転を補正する位相回転補正手段109とを設けた。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004226]

1. 変更年月日 1995年 9月21日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号  
氏 名 日本電信電話株式会社
2. 変更年月日 1999年 7月15日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
氏 名 日本電信電話株式会社